

USO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE NO MONITORAMENTO DA COLHEITA MECANIZADA DE CANA-DE-AÇÚCAR

LUMA STEFANIA TORRES¹, ADÃO FELIPE DOS SANTOS², ROUVERSON PEREIRA DA SILVA³, GUILHERME DE CASTRO BELARDO⁴, CARLA SEGATTO STRINI PAIXÃO⁵

¹Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), UNESP/Jaboticabal-SP, (16) 3209-2637, luma.torres@saomartinho.com.br

²Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), UNESP/Jaboticabal-SP, adaofeliped@gmail.com

³Engenheiro Agrícola, Prof. Livre Docente, UNESP/Jaboticabal-SP, rouverson@fcav.unesp.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), UNESP/Jaboticabal-SP, (16) 3209-7283, guilherme.belardo@cnhind.com

⁵Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia (Ciência do Solo), UNESP/Jaboticabal-SP

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: Em busca de minimizar os problemas ocasionados pelas perdas e auxiliar a melhoria nos processos, objetivou-se neste trabalho avaliar o potencial do uso do controle estatístico de processo para a gestão dos dados de velocidade e perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, levantados durante 9 meses da safra 2013/2014, para cinco frentes de trabalho. Os dados foram coletados em uma Usina da região de Ribeirão Preto, SP, em canavial colhido sem queima prévia e com espaçamento entre fileiras de 1,5 m, sendo a produtividade média estimada pela usina de 103,0 t ha⁻¹. Os pontos amostrais foram escolhidos ao acaso em áreas colhidas nos turnos diurno e noturno. O valor de cada amostra diária, por Frente correspondeu à média de 10 pontos amostrados. As perdas foram subdivididas em toco, rebolo estilhaçado, pedaço solto e fixo, cana inteira, estilhaço e total, para cada Frente separadamente. Os dados foram agrupados em 40 períodos de colheita, sendo esses considerados como repetição. Assim realizou-se a análise por meio do controle estatístico do processo, utilizando-se como ferramenta as cartas de controle por subgrupos. Os valores de perdas na colheita mantiveram-se instáveis em todas as frentes, porém, os resultados foram considerados dentro dos índices de perdas aceitáveis para as usinas brasileiras.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de processo, variabilidade temporal, colhedora de cana-de-açúcar.

STATISTICAL CONTROL OF USE OF QUALITY MONITORING IN SUGARCANE MECHANICAL HARVESTING

ABSTRACT: Seeking to minimize the problems caused by the losses and help to improve processes, the aim of this study was to evaluate the potential use of statistical process control for managing data rate and losses in mechanical harvesting of sugarcane, raised during 9 months of the season 2013/2014 to five fronts. Data were collected on a plant in Ribeirão Preto, SP, in sugarcane harvested without burning and row spacing of 1.5 m, with the average yield estimated by the plant 103.0 t ha⁻¹. The sampling points were chosen at random in areas harvested day and night shifts. The value for each daily sample by front corresponded to the average of 10 sample points. Losses were subdivided into play, grinding shattered, loose and fixed piece, whole cane, shrapnel and total for each front separately. The data were grouped into 40 periods of harvest, these being considered repetition. So there was the analysis using the statistical process control, using as a tool for the subgroups control charts. The loss of values in the harvest remained unstable on all fronts, however, the results were considered within the acceptable levels of losses for Brazilian plants.

KEYWORDS: process quality, temporal variability, sugarcane harvester.

INTRODUÇÃO

Os principais fatores que ocasionam as perdas na colheita são: variedade, tratos culturais, preparo do solo e da área, manutenção da colhedora, habilidade do operador e porte da cultura, dentre outros. Os padrões adotados usinas brasileiras como admissíveis para as perdas na colheita mecanizada situam-se entre 3 a 4 t ha⁻¹ (BENEDINI e SILVA, 2010). Para manter estes padrões, as empresas do setor sucroenergético acompanham as perdas, realizando monitoramentos em campo e calculando as médias aritméticas das perdas, sem, no entanto, realizar uma investigação mais profunda e diagnósticos que visem propor medidas para que se possa obter a redução dessas perdas. De acordo com Mingoti e Fidelis (2001), a combinação dos levantamentos quantitativos com a utilização de ferramentas do controle estatístico de qualidade adequadas, permite a detecção das alterações dos parâmetros de determinado processo e a resolução mais ágil dos problemas.

Desta forma, pressupondo-se que o uso de ferramentas de controle estatístico de processo possa contribuir para a melhoria da gestão das atividades mecanizadas das empresas do setor sucroenergético, este trabalho objetivou verificar o potencial do uso das cartas de controle para melhor interpretação dos valores de perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, de modo a contribuir para o gerenciamento das unidades produtoras da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área produtiva de colheita mecanizada de cana-de-açúcar de uma usina localizada na região de Ribeirão Preto – SP, predominam solos de topografia plana e levemente ondulada, e clima Cwa pela classificação de Köppen.

Neste trabalho foram utilizados os dados de perdas coletados pela equipe de auditoria de qualidade da usina, durante a safra 2013/2014. A divisão logística das máquinas de colheita é denominada de Frentes de Trabalho, englobando cada frente, em média oito colhedoras e diversos conjuntos transbordos. Nas Frentes F1, F2, F3 e F4 foram utilizadas colhedoras do modelo A-8800 e para a F5 o modelo A-7700 sem o sistema auto tracker.

A colheita ocorreu sem queima prévia do canavial e o espaçamento entre fileiras utilizado foi de 1,5 m, sendo a produtividade média estimada pela usina de 103,0 t ha⁻¹. As colhedoras A77000 e A8800 apresentaram média geral entre 3.581 e 3.839 horas de uso, respectivamente.

Os pontos amostrais foram escolhidos ao acaso, sendo parte dos pontos em áreas colhidas à noite e o restante em áreas colhidas durante o dia. O valor de cada amostra diária por Frente representou a média aritmética de 10 pontos amostrados, o que corresponde a aproximadamente 50 ha. Para determinação das perdas visíveis foi utilizada uma armação de 3,00 x 3,33 m (10 m² de área) na qual, dentro de seus limites, as perdas foram separadas, pesadas e quantificadas conforme descrito por Silva et al. (2008) e adaptado pela usina. As perdas visíveis de cana-de-açúcar foram classificadas em toco, pedaço fixo, pedaço solto, rebolo estilhaçado, estilhaço e cana inteira.

Após a separação do material encontrado, foi feita a pesagem de cada material recolhido, extrapolando-se os valores para t ha⁻¹. A velocidade das colhedoras foi registrada em seus respectivos computadores de bordo, coletadas diariamente e armazenadas no banco de dados da usina. A velocidade média de colheita foi aferida em campo.

O controle estatístico de processo foi aplicado para os indicadores de qualidade velocidade e perdas na colheita, sendo empregadas as cartas de controle do modelo “Subgrupo Xbar”, que gera uma carta de controle para as médias dos subgrupos, de modo que seja possível examinar o nível e a variação da média a partir dos limites inferior (LIC) e superior (LSC) de controle.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as perdas de toco (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**1a), verifica-se que as médias semanais apresentaram pontos acima do limite superior em todas as Frentes, com exceção para as Frentes F2 e F4. Essa estabilidade nos dados pode ser atribuída provavelmente a habilidade e maior adaptação do operador, fortalecendo a influência da habilidade do operador no processo. No caso dos pontos ocorridos nas Frentes F1, F3 e F5 podem ser atribuídos aos pontos acima do limite, o

nivelamento do solo, controle de altura do corte de base, acamamento do canavial e incidência de pedras nas áreas colhidas.

As perdas por rebolo estilhaçado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**1b) não se mostraram sob controle em nenhuma das frentes, por apresentar ao menos um ponto acima do limite superior de controle devido que ao longo dos períodos analisados foi solicitado aos operadores que aumentassem a rotação do extrator primário sempre que o teor de açúcar presente na matéria prima estivesse abaixo do desejado pela indústria, em busca de se manter a eficiência de produção de etanol e açúcar. Este procedimento de trabalho provavelmente colaborou para a ausência de controle do processo. Contudo, a variabilidade das perdas de rebolo estilhaçado se manteve praticamente igual para todas as Frentes, com a distância entre os limites de controle entre 0,3 a 0,4 t ha⁻¹.

As perdas em pedaço solto e fixo (Figuras 1c) constituem o tipo de perdas da colheita que merecem maior atenção devido à maior quantidade matéria-prima perdida, neste estudo esta perda também se encontra fora de controle para as Frentes analisadas ao longo da safra. Ocorrem, na sua maioria, quando as canas foram cortadas pelo corte de base e que não conseguem ser “alimentadas” para dentro das máquinas.

As perdas de cana inteira (Figura 1d) podem estar relacionadas ao acamamento do canavial que ocorrem, que quando ocorrem em condições extremas, tornam ineficiente o trabalho do rolo levantador de cana da colhedora. Durante a safra ocorreram pontos fora de controle em todas as Frentes, exceto para a Frente F4. Constata-se também que apesar da instabilidade desses processos, ocorreram somente 1 ou 2 pontos acima do LSC em cada Frente, apontando que, para este indicador o processo é possível se tornar estável.

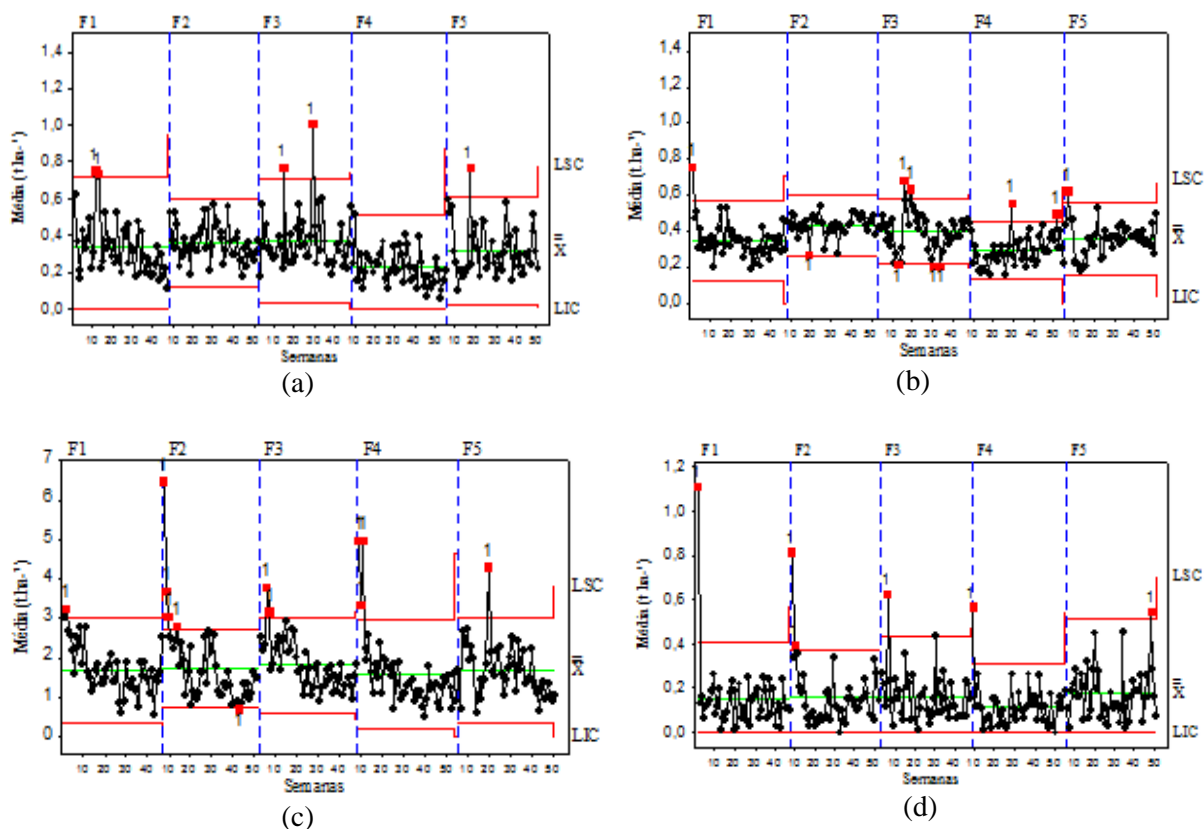


Figura 1. Cartas de controle para perdas, para as Frentes na safra 2013/2014: a) toco; b) rebolo estilhaçado; c) pedaço solto e fixo; d) pedaço de cana inteira.

As perdas de estilhaços são atribuídas as partes da cana com formato e tamanhos diferentes (menor ou igual a 1/3 do diâmetro do rebolo), com baixa densidade, resultantes do impacto dos rebolos com as hélices dos exaustores da colhedora. Observa-se que o processo foi considerado instável (Figura 2a), visto que há pontos que saem dos limites nas cinco Frentes. Resultados semelhantes foram encontrados em SILVA et al. (2008) para esta categoria de perdas. Uma possível causa para essa

discrepância pode ser o tipo de canaviais colhidos nas primeiras semanas, que pode ser representado por canas mais leves e, conseqüentemente, rebolos mais leves, que são “puxados” e estilhaçados pelo extrator primário. Outra possível causa seria a regulação da rotação do extrator primário que poderia estar acima do recomendado, sendo posteriormente regulado, diminuindo os índices de perdas por estilhaço.

Para as perdas totais (figura 2b) que representam o somatório das demais perdas, o processo também foi considerado fora de controle. Na maioria das cartas, os pontos fora do LSC ocorreram durante os primeiros meses de safra. Apesar de conceitualmente estar fora de controle, o processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar pode ser considerado uma operação passível de controle, pois nesses períodos parte das máquinas ainda não estão totalmente reguladas e os operadores ainda estão adaptando-se às colhedoras. Em busca de comprovar a influência que o processo de adaptação que ocorre no início de safra exerce, foram retirados os dados das 5 primeiras semanas de trabalho das Frentes das cartas de controle. Assim, observa-se que o desempenho da Frente F5 melhorou significativamente e deixou de apresentar a maior perda total, provavelmente devido a mudanças na frota de máquinas, onde metade das máquinas possuíam o dispositivo que controla a altura do corte de base e metade não. Por outro lado a Frente F2 apresentou a maior perda total, ou seja, foi 25% superior a Frente F4 que, novamente, apresentou a menor perda na colheita. Por outro lado, a influência da habilidade do operador ao operar as colhedoras, pode ser comprovada ao analisar o bom desempenho de produção ($t\ h^{-1}$) da frente F4 e menores índices de perdas na colheita. Os valores absolutos obtidos, mostram-se dentro dos números aceitáveis pelas usinas sucroalcoleiras.

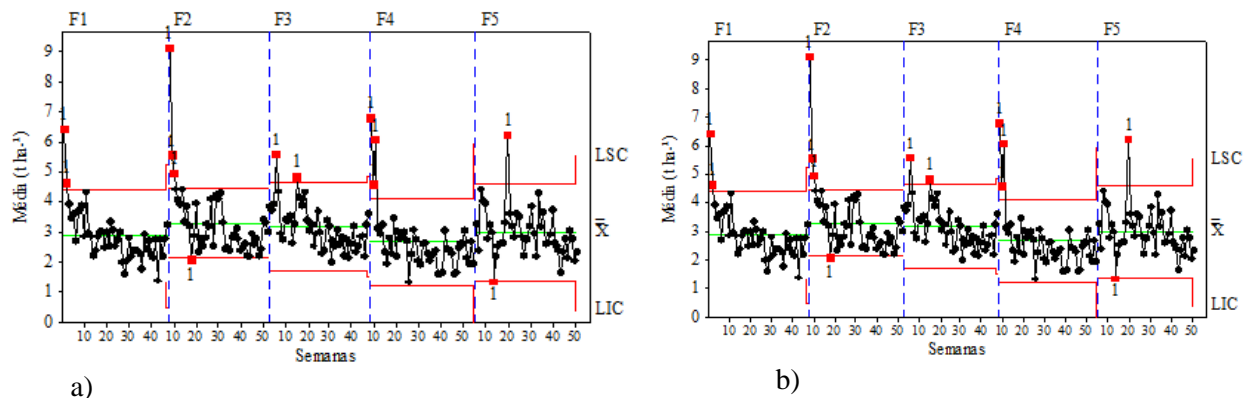


Figura 2: Cartas de controle para perdas, para as Frentes na safra 2013/2014: a) estilhaço; b) totais.

CONCLUSÕES

As cartas de controle permitiram melhor interpretação dos resultados dos valores de perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar.

A frente F4 apresentou o melhor desempenho de produção ($t\ h^{-1}$) e menor índice de perdas, comprovando que é possível obter alta produção com qualidade.

O dispositivo de controle automático de altura do corte de base melhorou substancialmente a instabilidade do processo de colheita.

REFERÊNCIAS

BENEDINI, M.S.; SILVA, A.L. Perdas de cana na colheita mecanizada. *Canavieiros: a força que movimenta o setor*. Sertãozinho, v.5, n.48, p.28-31, 2010.

MINGOTI, S.A.; FIDELIS, M.T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processos. *Produto e Produção*, Porto Alegre, v.5, n.2, p.55-70, 2001.

SILVA, R.P.; CORREA, C.F.; CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A.; Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, v.28, p.292-304, 2008

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 333 p.